

**Essais pour déterminer les caractéristiques
géométriques des granulats**

Evaluation des fines – Equivalent de sable

Norme Marocaine homologuée

Par arrêté du Ministre de l'Industrie, du Commerce et de la Mise à Niveau
de l'Economie N° , publié au B.O. N°

Correspondance

La présente norme est en large concordance avec la NF EN 933-8/1999.

Modifications

Elaborée par le comité technique de normalisation des produits de carrière
Editée et diffusée par le Service de Normalisation Industrielle Marocaine (SNIMA)

Sommaire

	Page
1	Domaine d'application 3
2	Références normatives 3
3	Termes et définitions 3
4	Principe 4
5	Réactifs 4
6	Appareillage 4
7	Préparation des prises d'essai 9
8	Mode opératoire 9
9	Calcul et expression des résultats 11
10	Rapport d'essai 11
Annexe A (normative) Mode opératoire de détermination de l'équivalent de sable	
	de la fraction 0/4 mm 12
Annexe B (informative) Exemple de feuille d'essai 13	

1 Domaine d'application

La présente norme marocaine spécifie une méthode de détermination de l'équivalent de sable dans la fraction 0/2 mm des sables et des graves. Elle s'applique également aux agrégats naturels.

2 Références normatives

EN 932-2, *Essais pour déterminer les propriétés générales des granulats — Partie 2 : Méthodes de réduction d'un échantillon de laboratoire.*

prEN 932-5, *Essais pour déterminer les propriétés générales des granulats — Partie 5 : Équipement commun et étalonnage.*

EN 1097-5, *Essais pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats — Partie 5 : Détermination de la teneur en eau par séchage en étuve ventilée.*

3 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente Norme européenne, les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1

échantillon de laboratoire

Échantillon destiné aux essais en laboratoire

3.2

prise d'essai

Échantillon utilisé intégralement pour un essai

3.3

éprouvette

Quand une méthode d'essai nécessite plus d'une mesure de la propriété, échantillon utilisé pour une mesure.

3.4

finés

Fraction granulométrique d'un granulat qui passe au tamis de 0,063 mm.

3.5

granulat élémentaire

Partie d'un granulat passant à travers le plus grand de deux tamis et retenue sur le plus petit ; la limite inférieure peut être zéro.

4 Principe

Verser une prise d'essai de sable et une petite quantité de solution flocculante dans un cylindre gradué et agiter de façon à détacher les revêtements argileux des particules de sable de la prise d'essai. «Irriguer» alors le sable en utilisant le reste de solution flocculante afin de faire remonter les particules de fines en suspension au-dessus du sable. Après 20 min, calculer l'équivalent de sable (*SE*) comme la hauteur de sédiment, exprimée en pourcentage de la hauteur totale de matériau flocculé dans le cylindre.

5 Réactifs

5.1 Solution concentrée, composée des éléments suivants :

- a) chlorure de calcium cristallin, $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ou chlorure de calcium anhydre, CaCl_2 ;
- b) glycérine à 99 % de glycérol, de qualité de réactif pour laboratoire ;
- c) formaldéhyde en solution, 40 % en volume, de qualité de réactif pour laboratoire ;
- d) eau distillée ou déminéralisée.

Dissoudre (219 ± 2) g de chlorure de calcium cristallin dans (350 ± 50) ml d'eau distillée ou déminéralisée, laisser refroidir à température ambiante et si nécessaire, filtrer à l'aide d'un papier à filtrer à grosses ou moyennes mailles. Ajouter (480 ± 5) g de glycérine et $(12,5 \pm 0,5)$ g de formaldéhyde en solution et diluer à 1 l de solution avec de l'eau distillée ou déminéralisée. Mélanger vigoureusement.

NOTE 1 219 g de $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ équivalent à 111 g de chlorure de calcium anhydre CaCl_2 .

NOTE 2 Il est recommandé de stocker la solution concentrée à l'abri de la lumière dans des flacons en verre ou en plastique contenant (125 ± 1) ml.

5.2 Solution lavante, préparée en diluant (125 ± 1) ml de solution concentrée (voir 5.1) à $(5,00 \pm 0,01)$ l avec de l'eau distillée ou déminéralisée.

NOTE Lors de la préparation de la solution lavante, il convient tout d'abord d'agiter vigoureusement la solution concentrée puis de rincer le récipient qui la contenait à plusieurs reprises avec de l'eau distillée ou déminéralisée, en versant l'eau de rinçage dans le flacon de 5 l avant de diluer le contenu de ce dernier à 5 l.

La solution lavante ne doit pas être utilisée plus de 28 jours après sa préparation ou si elle est trouble ou si un précipité ou de la moisissure apparaissent.

6 Appareillage

6.1 Sauf indication contraire, tout l'appareillage doit être conforme aux exigences générales du prEN 932-5.

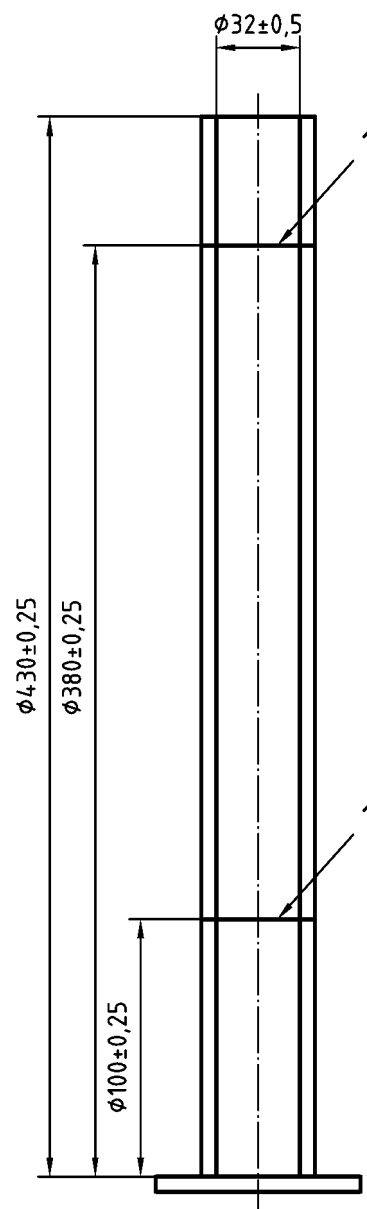
6.2 Deux cylindres gradués, en verre ou en plastique transparent (voir figure 1) munis d'un bouchon en caoutchouc et ayant les dimensions suivantes :

- a) épaisseur de paroi d'environ 3 mm ;
- b) diamètre intérieur de $(32,0 \pm 0,5)$ mm ;
- c) hauteur de $(430,00 \pm 0,25)$ mm.

Ces deux positions doivent être clairement indiquées sur le cylindre :

- a) à $(100,00 \pm 0,25)$ mm de la base ; et
- b) à $(380,00 \pm 0,25)$ mm de la base.

Dimensions en millimètres



1 Cercle repère

Figure 1 — Cylindre gradué

6.3 Ensemble du piston d'essai, (voir figure 2) comprenant :

- a) une tige de $(440,00 \pm 0,25)$ mm de longueur ;
- b) une embase de $(25,0 \pm 0,1)$ mm de diamètre, dont la surface inférieure est plate, lisse et perpendiculaire à l'axe de la tige et qui comporte latéralement trois vis de centrage du piston dans le cylindre, avec un léger jeu ;
- c) un manchon, de $(10,0 \pm 0,1)$ mm d'épaisseur, qui s'adapte sur le cylindre gradué et permet de guider la tige, en même temps qu'il sert à repérer l'enfoncement du piston d'essai dans le cylindre. Ce manchon doit être muni d'une vis qui permet de le bloquer sur la tige du piston d'essai. Il doit également être doté d'une encoche pour le passage du réglet ;
- d) un poids fixé à l'extrémité supérieure de la tige pour donner à l'ensemble du piston d'essai, hormis le manchon, une masse totale de $(1,00 \pm 0,01)$ kg.

Les parties immergées de l'ensemble du piston doivent être en métal inoxydable.

NOTE Avant la première utilisation d'un piston d'essai ou d'un cylindre gradué, il convient de placer l'ensemble du piston dans le cylindre vide. Le manchon reposant sur le bord du cylindre, il convient que le jeu entre la surface supérieure du manchon et la surface inférieure de la tête du piston ne dépasse pas 0,5 mm. Si ce jeu est supérieur à 0,5 mm ou si l'embase ne touche pas le fond du cylindre, il convient de ne pas utiliser cette combinaison de piston d'essai et cylindre gradué.

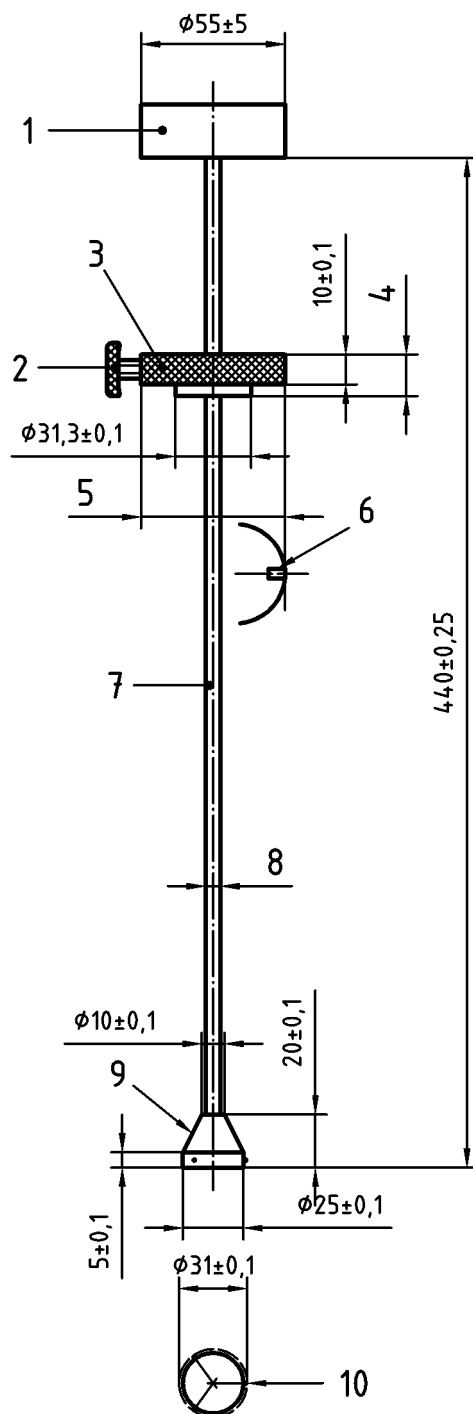
6.4 Chronomètre(s), lisible(s) à 1 s près.**6.5 Réglet de 500 mm**, gradué en millimètres.**6.6 Tamis de contrôle**, à mailles carrées de 2 mm et, si nécessaire un tamis de sécurité.**6.7 Brosse à tamis****6.8 Spatule****6.9 Tube laveur**, (voir figure 3), composé d'un tube rigide en métal inoxydable ayant les dimensions suivantes :

- a) diamètre extérieur de $(6,0 \pm 0,5)$ mm ;
- b) diamètre intérieur de $(4,0 \pm 0,2)$ mm ;
- c) longueur approximative de 500 mm.

Le tube laveur doit être muni d'un robinet à la partie supérieure. Le fond du tube (voir figure 4) doit être conique, en métal inoxydable, et être doté d'un embout fileté (vis). Chaque face du cône doit être percée diamétralement d'un trou de $(1 \pm 0,1)$ mm de diamètre.

6.10 Flacon, en verre ou en plastique transparent, d'une contenance de 5 l, muni d'un système de siphon, dont le fond est placé à environ 1 m de la table de travail.**6.11 Tube en caoutchouc ou en plastique**, d'une longueur approximative de 1,50 m, et de diamètre interne approximatif de 5 mm, reliant le tube laveur au siphon.**6.12 Entonnoir**, permettant de transvaser la prise d'essai dans le cylindre gradué (voir figure 5).

Dimensions en millimètres



- | | | | |
|---|---|----|-------------------|
| 1 | Tête de piston dont les dimensions sont telles que l'ensemble du piston, hormis le manchon et sa vis de serrage, pèse $(1 \pm 0,01)$ kg | 6 | Encoche du réglet |
| 2 | Vis de serrage | 7 | Tige |
| 3 | Manchon | 8 | $\phi 6$ environ |
| 4 | 15 environ | 9 | Embase |
| 5 | $\phi 60$ environ | 10 | 3 guides |

Figure 2 — Piston d'essai

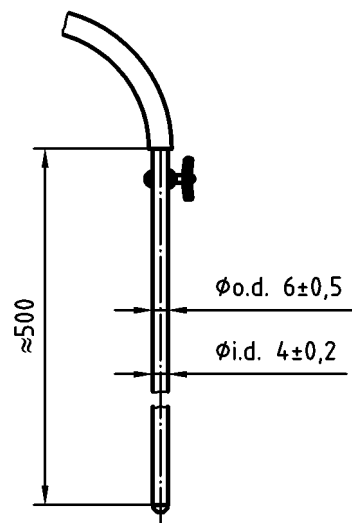
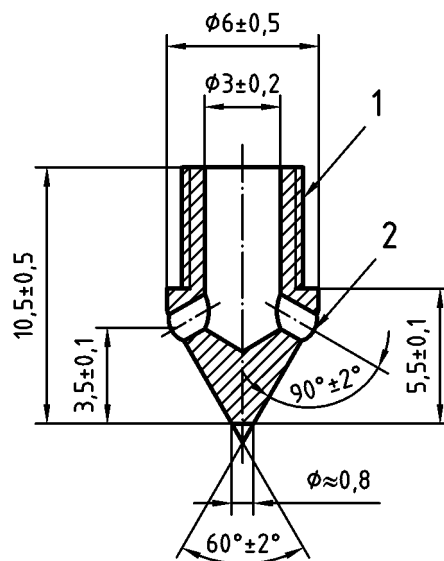


Figure 3 — Tube laveur



- 1 Raccord fileté au tube laveur
- 2 2 orifices $\phi 1 \pm 0,1$

Figure 4 — Détail de l'extrémité d'un tube laveur

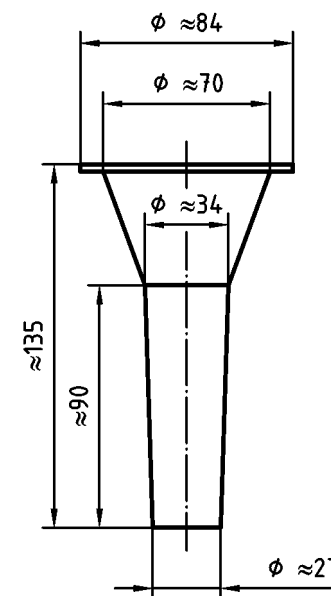


Figure 5 — Entonnoir

6.13 Machine d'agitation, capable d'imprimer au cylindre un mouvement horizontal, rectiligne, périodique et sinusoïdal de (200 ± 10) mm d'amplitude, et de période d'un tiers de seconde.

6.14 Thermomètre, d'une précision de 1 °C.

6.15 Balance, d'une précision de 0,1 % de la masse à peser.

6.16 Papier à filtrer, à moyennes ou grosses mailles.

7 Préparation des prises d'essai

L'échantillon de laboratoire doit être réduit conformément à l'EN 932-2 afin d'obtenir une prise d'essai.

L'essai doit être réalisé sur la fraction 0/2 mm à une teneur en humidité inférieure à 2 % et à une température de (23 ± 3) °C.

La prise d'essai ne doit pas être séchée dans une étuve.

NOTE 1 Dans certains cas, il peut s'avérer nécessaire de réduire ou d'augmenter la teneur en humidité naturelle afin d'obtenir une prise d'essai dont l'humidité est comprise entre 0 % et 2 %.

NOTE 2 Si la prise d'essai est prélevée sur un granulat grave, il convient que l'échantillon de laboratoire soit tamisé à une teneur en humidité inférieure à 2 % sur un tamis de mailles de 2 mm protégé par un tamis de sécurité, en utilisant une brosse à tamis afin de garantir un partage efficace et de recueillir toutes les particules dans la fraction 0/2 mm.

La prise d'essai doit être réduite conformément à l'EN 932-2 afin d'obtenir deux éprouvettes.

La masse de chaque prise d'essai doit être égale à $\frac{120(100 + w)}{100}$ g (au gramme près) où w est la teneur en humidité du sable (pourcentage en masse sèche).

NOTE Si nécessaire, il convient que la teneur en humidité de la fraction 0/2 mm soit déterminée séparément par un séchage en étuve à (110 ± 5) °C conformément au prEN 1097-5.

8 Mode opératoire

8.1 Remplissage des cylindres gradués

Siphonner la solution lavante (5.2) dans chaque cylindre gradué, jusqu'au trait repère inférieur figurant sur le cylindre.

À l'aide de l'entonnoir, verser une éprouvette dans chaque cylindre gradué, en maintenant le cylindre dans une position verticale.

Taper le fond de chaque cylindre à plusieurs reprises sur la paume de la main afin de déloger les bulles d'air et de favoriser le mouillage de l'éprouvette.

Laisser reposer pendant (10 ± 1) min pour humidifier l'éprouvette.

8.2 Agitation des cylindres gradués

À la fin de cette période de 10 min, boucher un cylindre à l'aide du bouchon en caoutchouc, puis fixer ce cylindre sur la machine d'agitation.

Agiter le cylindre pendant (30 ± 1) s puis replacer le cylindre sur la table de travail dans la position verticale.

NOTE Il convient que le temps d'agitation corresponde à (90 ± 3) cycles en utilisant l'appareil spécifié en 6.13.

Répéter le processus d'agitation avec le second cylindre.

8.3 Lavage

Oter le bouchon en caoutchouc de l'un des cylindres gradués et le rincer au-dessus du cylindre gradué avec la solution lavante, en s'assurant que tout le matériau retombe dans le cylindre.

En descendant le tube laveur dans le cylindre, rincer tout d'abord les parois du cylindre avec la solution lavante, puis enfoncer le tube de façon à ce qu'il traverse le sédiment au fond du cylindre.

Maintenir le cylindre en position verticale tout en laissant la solution lavante agiter le contenu et en favorisant la remontée des fines et des éléments argileux.

Ensuite, tout en faisant subir au cylindre un lent mouvement de rotation, remonter lentement et régulièrement le tube laveur.

Quand le niveau de liquide avoisine le trait repère supérieur gravé sur le cylindre, relever lentement le tube laveur et réguler le flux de façon à maintenir le liquide au niveau du trait repère supérieur jusqu'à ce que le tube soit complètement retiré et le flux interrompu.

Lancer le chronométrage du temps de repos au moment du retrait du tube laveur.

Répéter le mode opératoire de lavage avec le second cylindre.

8.4 Mesurages

Laisser reposer chaque cylindre gradué sans dérangement ni vibration, pendant $(20,00 \pm 0,25)$ min.

À la fin de cette période et à l'aide du réglet (6.5), mesurer la hauteur h_1 du niveau supérieur du floculat par rapport au fond du cylindre gradué (voir figure 6).

Abaisser soigneusement l'ensemble du piston dans le cylindre, jusqu'à ce que l'embase repose sur le sédiment.

NOTE Pendant cette opération, le manchon coulissant encore non bloqué sur la tige du piston, entre en contact avec le sommet du cylindre gradué.

Placer le manchon sur le cylindre, puis le bloquer sur la tige du piston.

Déterminer la hauteur du sédiment h_2 en mesurant la distance entre la face inférieure de la tête du piston et la face supérieure du manchon, en introduisant le réglet dans l'encoche du manchon (voir figure 6).

Enregistrer les hauteurs h_1 et h_2 au millimètre près.

De la même manière, mesurer et enregistrer les hauteurs h_1 et h_2 sur le second cylindre.

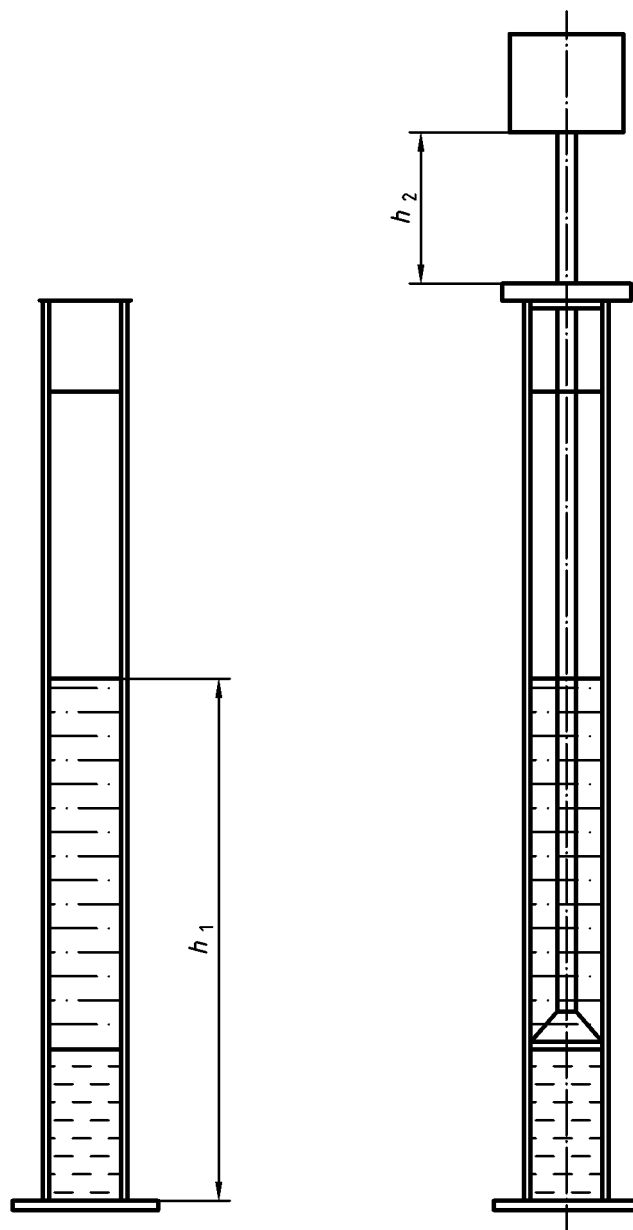


Figure 6 — Mesurage de h_1 et h_2

9 Calcul et expression des résultats

Calculer le rapport $(h_2/h_1) \times 100$ pour chaque cylindre avec un chiffre après la virgule.

Si les deux valeurs obtenues diffèrent de plus de 4, le mode opératoire d'essai doit être répété.

Calculer l'équivalent de sable (SE) comme la moyenne des rapports $(h_2/h_1) \times 100$ obtenus sur chaque cylindre et enregistrer au nombre entier le plus proche.

10 Rapport d'essai

10.1 Informations exigées

Le rapport d'essai doit contenir les informations suivantes :

- a) la référence à la présente norme marocaine ;
- b) l'identification du laboratoire d'essai ;
- c) l'identification de l'échantillon ;
- d) les valeurs de SE au nombre entier le plus proche ;
- e) la date de réception de l'échantillon ;
- f) le certificat de l'échantillon, si disponible.

10.2 Informations facultatives

Le rapport d'essai peut contenir les informations suivantes :

- a) le nom et la provenance de l'origine de l'échantillon ;
- b) la description du matériau et de l'échantillonnage ainsi que du mode opératoire de réduction de l'échantillon ;
- c) les masses des prises d'essai ;
- d) la teneur en humidité de la prise d'essai ;
- e) la date de l'essai.

Annexe A

(normative)

Mode opératoire de détermination de l'équivalent de sable de la fraction 0/4 mm

A.1 Préparer les prises d'essai et les éprouvettes comme spécifié à l'article 7, mais en utilisant la fraction 0/4 mm à une teneur en humidité inférieure à 8 %.

A.2 Suivre le mode opératoire d'essai spécifié à l'article 8 et enregistrer les hauteurs h_1 et h_2 dans chaque cylindre gradué.

A.3 Calculer l'équivalent de sable (SE_4) comme la moyenne des rapports $(h_2/h_1) \times 100$ obtenus sur chaque cylindre et enregistrer la valeur au nombre entier le plus proche.

A.4 Les rapports d'essai doivent inclure les informations pertinentes conformément à l'article 10 en remplaçant SE_4 par l'équivalent de sable donné à l'article 10.

Annexe B
(informative)
Exemple de feuille d'essai

EN 933-8	Laboratoire :
Identification de l'échantillon :	Date :
	Opérateur :

	Première éprouvette	Deuxième éprouvette
Masse de l'éprouvette (grammes)		
h_1 (millimètres)		
h_2 (millimètres)		
$100 \times (h_2/h_1)$ (enregistré à un chiffre après la virgule)		
NOTE Il convient que les valeurs de $100 (h_2/h_1)$ pour les deux éprouvettes ne diffèrent pas de plus de 4.		

Équivalent de sable (SE) – moyenne de $100 (h_2/h_1)$ pour les deux éprouvettes

SE = (au nombre entier le plus proche)